

**Электронный учебно-методический комплекс  
«Строительная механика машин. Доп. главы»**

<b>Автор:</b>	доцент каф. ДПМ им. В.В.Болотина Шипков А.А.
<b>Направление подготовки:</b>	151600 Прикладная механика, программа Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры
<b>Дисциплина:</b>	<b>Строительная механика машин. Доп. главы (7 и 8 семестры)</b>
<b>Адрес ресурса:</b>	
<b>Контактная информация:</b>	Почтовые электронные адреса авторов ресурса, по которому можно получить дополнительную информацию, приобрести ресурс или заключить договор об его использовании: ShipkovAA@mpei.ru

**Виды занятий, поддерживаемые ресурсом**

Лекции 2 часа в неделю (7 семестр) и 3 часа в неделю (8 семестр), практические занятия 1 час в неделю (7 семестр) и 2 часа в неделю (8 семестр). Самостоятельная работа 47 часов в 7 семестре, курсовой проект 47 часов в 7 семестре; самостоятельная работа 79 часов в 8 семестре, курсовой проект 40 часов в 8 семестре.

**Состав ресурса**

1. Рабочая программа учебной дисциплины.
2. Технологическая карта работы студента по дисциплине.
3. Конспект лекций.
4. Методические указания по проведению практических занятий.
5. Материалы по курсовому проекту.
6. Контролирующие материалы в соответствии с рабочей программой дисциплины: контрольные вопросы и задачи контрольных работ.

**Содержание ресурса**

**Лекции**

**7 семестр**

**1. Модели в строительной механике машин.**

Моделирование объектов курса. Моделирование элементов конструкций.

**2. Теория свободного кручения тонкостенных стержней открытого профиля.**

Основные гипотезы. Вычисление перемещений. Вычисление напряжений.

**3. Стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля.**

Гипотезы теории.

Перемещения и деформации при стесненном кручении тонкостенных стержней открытого профиля. Секториальная площадь, ее свойства.

Геометрические характеристики сечения. Мгновенный центр вращения и центр изгиба сечения тонкостенного стержня открытого профиля.

Определение мгновенного центра вращения и начальной точки на профильной линии сечения. Главная секториальная площадь.

Нормальные напряжения при стесненном кручении тонкостенного стержня открытого профиля.

Касательные напряжения.

Бимомент, его механический смысл.

Главный момент секториальных касательных напряжений. Его связь с бимоментом.

#### **4. Дифференциальное уравнение стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля.**

Граничные условия.

Область применения теории стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля.

Несправедливость принципа Сен-Венана в этой теории.

Применение метода начальных параметров для интегрирования уравнений стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля. Матричная форма записи решения.

#### **5. Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля.**

Определение силовых факторов. Вычисление нормальных напряжений. Вычисление касательных напряжений.

#### **6. Теория свободного кручения тонкостенных стержней закрытого профиля.**

Гипотезы теории.

Гидродинамическая аналогия.

Определение напряжений. Угол закручивания. Жесткость при кручении.

Определение мгновенного центра вращения и начала отсчета на профильной линии.

Общий случай деформации тонкостенного стержня закрытого профиля.

Примеры сечений не испытывающих депланацию.

Случай многосвязного сечения.

#### **7. Классическая теория изгиба пластин. Основные сведения.**

Основные гипотезы, их реализация.

Кинематические соотношения в теории изгиба пластин. Перемещения и деформации. Тензор изменения кривизны срединной поверхности. Геометрический смысл компонент тензора изменения кривизны срединной поверхности.

Силовые факторы. Выражение их через прогиб.

#### **8. Методы решения краевых задач классической теории изгиба пластин прямоугольной формы.**

Уравнение Софи Жермен – Лагранжа.

Постановка граничных условий.

Граничные условия на свободном краю.

Вариационный вывод уравнения изгиба пластины и граничных условий из вариационного принципа Лагранжа.

Применение рядов Фурье.

Потенциальная энергия упругой деформации пластины при изгибе.

Случай прямоугольной закрепленной по контуру пластины.

Энергетическая погрешность гипотез Кирхгофа-Лява.

#### **9. Уравнения классической теории изгиба пластин в полярных координатах.**

Граничные условия.

Интегрирование уравнения изгиба круговых и кольцевых пластин. Случай осевой симметрии.

Несимметричная деформация круговых и кольцевых пластин.

Элементарное решение при изгибе защемленной по контуру эллиптической пластины.

### **8 семестр**

#### **1. Неклассические теории изгиба пластин.**

Уравнение изгиба пластины с начальными усилиями в срединной плоскости. Граничные условия.

Техническая нелинейная теория пластин. Гипотезы технической нелинейной теории. Перемещения и деформации. Напряжения и внутренние силовые факторы. Уравнения Кармана. Линеаризация уравнений Кармана.

Уравнения Кармана в полярных координатах. Граничные условия для уравнений Кармана.

## **2. Решение нелинейных задач теории пластин.**

Приближенные численные методы решения краевых задач. Метод Рунге. Метод Бубнова – Галеркина. Метод взвешенных невязок.

## **3. Геометрия поверхностей.**

Способы описания поверхностей. Евклидово и риманово пространства. Криволинейные координаты на поверхности. Первая фундаментальная форма поверхности. Метрический тензор.

Внутренняя геометрия поверхности. Длина дуги, элемент площади поверхности. Примеры. Кривые на поверхности. Единичные касательный и нормальный векторы к кривой на поверхности. Единичный вектор, нормальный к поверхности.

Скалярные, векторные и тензорные поля на поверхности. Ковариантное дифференцирование на поверхности.

## **4. Вторая фундаментальная форма поверхности.**

Определение тензора кривизны поверхности.

Геометрический смысл тензора кривизны поверхности с одинаковыми индексами и различными индексами. Тензор кривизны поверхности. Главные значения и главные направления тензора кривизны поверхности. Их свойства. Линии кривизны поверхности. Главные координаты поверхности. Средняя и гауссова кривизны поверхности. Поверхности положительной, отрицательной и нулевой гауссовой кривизны. Асимптотические линии.

Формулы Вейнгартена и Гаусса.

## **5. Третья фундаментальная квадратичная форма.**

Третий фундаментальный тензор поверхности.

Тождества Гаусса и Кодацци, их геометрический смысл.

## **6. Геометрия евклидова пространства, окружающего поверхность.**

Системы координат. Тензор переноса. Метрический тензор пространства, окружающего поверхность. Ковариантное дифференцирование в пространстве, окружающем поверхность. Символы Кристоффеля второго рода.

## **7. Классическая теория оболочек.**

Гипотезы классической теории оболочек. Геометрия срединной поверхности до и после деформации. Тензор деформации оболочки. Тензор деформации срединной поверхности и тензор изменения кривизны. Вектор перемещений в оболочке. Угол поворота нормали. Вывод формулы для тензора деформации срединной поверхности оболочки. Вывод формулы для тензора изменения кривизны срединной поверхности оболочки. Тензор вращения.

Тензор напряжений в оболочке. Соотношения упругости. Потенциальная энергия упругой деформации оболочки. Энергетические усилия и моменты в оболочке. Их связь с обычными усилиями и моментами. Вариационный вывод уравнений равновесия оболочки. Граничные условия классической теории оболочек.

Механический смысл статических граничных условий классической теории оболочек.

Уравнения совместности деформаций в оболочках. Статико-геометрическая аналогия.

## **8. Безмоментная теория оболочек.**

Противоречивость, условия существования безмоментного напряженного состояния. Уравнения равновесия безмоментной теории оболочек вращения. Применение метода сечений для определения усилий в оболочках.

Емкости под действием равномерного давления. Напряжения в оболочках от гидростатического давления. Подкрепленные оболочки.

## **9. Цилиндрические оболочки.**

Уравнения равновесия круговых цилиндрических оболочек. Связь между перемещениями, деформациями и силовыми факторами. Техническая теория цилиндрических оболочек. Уравнения Доннела-Муштари-Власова. Погрешность технической теории цилиндрических оболочек. Область применения теории.

Осесимметричная деформация цилиндрических оболочек. Вывод уравнения. Частное решение. Общее решение однородного уравнения осесимметричной деформации цилиндрических оболочек. Понятие о краевом эффекте.

Разрешающие уравнения технической теории цилиндрических оболочек. Техническая теория цилиндрических оболочек. Введение функции усилий. Уравнения Власова.

Полубезмоментная теория цилиндрических оболочек. Основные гипотезы. Область применения.

#### **10. Пологие оболочки.**

Теория пологих оболочек. Основные гипотезы. Уравнения равновесия, кинематические соотношения, соотношения упругости. Вывод уравнений Власова теории пологих оболочек.

Разрешающие уравнения теории пологих оболочек.

Методы решения уравнений теории пологих оболочек. Метод двойных тригонометрических рядов для решения краевых задач теории пологих оболочек. Применение метода одинарных тригонометрических рядов для решения краевых задач теории пологих оболочек.

#### **11. Оболочки вращения.**

Осесимметричная деформация оболочек вращения. Уравнения равновесия и совместности деформаций. Частное решение. Функции Мейснера, их смысл. Вывод уравнений Мейснера.

Асимптотическое интегрирование уравнений Мейснера. Вычисление усилий, моментов и напряжений при асимптотическом интегрировании уравнений Мейснера. Определение перемещений при асимптотическом интегрировании уравнений Мейснера.

Последовательность решения задач осесимметричной деформации оболочек вращения. Расчет составных оболочек вращения. Граничные условия и условия стыковки в случае использования уравнений Мейснера.

Уравнения теории оболочек как уравнения с малым параметром при старших производных.

#### **12. Неклассические теории оболочек.**

Уточненная теория пологих оболочек. Основные гипотезы. Кинематические соотношения. Уравнения уточненной теории пологих оболочек.

Нелинейная техническая теория оболочек. Основные гипотезы. Вывод уравнений нелинейной технической теории оболочек.

Ортотропные пологие оболочки.

### **Практические занятия**

#### **7 семестр**

1. Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней открытого профиля.

2. Применение метода начальных параметров для интегрирования уравнений стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля. Вычисление нормальных и касательных напряжений в общем случае деформации тонкостенных стержней открытого профиля.

3. Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней закрытого профиля.

4. Решение краевых задач классической теории изгиба пластин. Пластина прямоугольной формы.

5. Решение краевых задач классической теории изгиба пластин. Пластины круговой и кольцевой формы.

### **8 семестр**

1. Расчет пластин по уточненной и технической нелинейной теориям.

2. Основы геометрии поверхностей.

3. Расчет цилиндрических оболочек.

4. Расчет пологих оболочек.

5. Осесимметричные задачи оболочек вращения.

### **Курсовой проект**

1. Стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля.

2. Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней закрытого профиля.

3. Изгиб прямоугольных пластин.

4. Изгиб круговых и кольцевых пластин.

5. Теория поверхностей, пологие оболочки и оболочки вращения.